

AG

Docket: 4929  
Inv: Haruyo FUKUI  
et al.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-326108  
(43)Date of publication of application : 28.11.2000

(51)Int.Cl. B23B 27/14  
C23C 14/06

(21)Application number : 11-138040 (71)Applicant : HITACHI TOOL ENGINEERING LTD  
(22)Date of filing : 19.05.1999 (72)Inventor : INOUE KENICHI

## (54) HARD FILM COATED TOOL

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To meet a dry and high speed cutting by improving oxidation resistance without degrading abrasion resistance and adhesion of a conventional TiAlN film.

SOLUTION: A base material is made of one of high speed steel, cemented carbide, cermet, and ceramics. A (a) layer is made of one of nitride, carbonitride, oxynitride, and oxycarbonitride composed in metal atomic % of 10 to 60% of Si, less than 10% of one or more of B, Al, V, Cr, Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, and W, and Ti as remainder, and has Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and Si existing in a compound as an independent phase. A (b) layer is made of one of nitride, carbonitride, oxynitride, and oxycarbonitride composed in metal atomic % of 40 to 75% of Al, less than 10% of one or more of B, Si, V, Cr, Y, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, and W, and Ti as remainder. One or more of the (a) and (b) layers are alternatively coated. A (c) layer which is made of nitride containing Ti as a main metallic composition and has a layer thickness of 0.1 to 1  $\mu$ m is laid directly on the base material surface, and the (b) layer on the (c) layer.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3347687

[Date of registration] 06.09.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

USPS EXPRESS MAIL  
EV 636 851 788 US  
DEC 12 2005

AG

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-326108  
(P2000-326108A)

(43) 公開日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
B 2 3 B 27/14		B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 4 6
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	P 4 K 0 2 9
			H

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平11-138040	(71) 出願人	000233066 日立ツール株式会社 東京都江東区東陽4丁目1番13号
(22) 出願日	平成11年5月19日 (1999.5.19)	(72) 発明者	井上 謙一 千葉県成田市新泉13番地の2 日立ツール 株式会社成田工場内
		Fターム (参考)	3C046 FF02 FF03 FF04 FF05 FF09 FF10 FF11 FF16 FF19 FF25 4K029 AA02 AA04 BA35 BA41 BA54 BA58 BA60 BA64 BB02 BD05 CA04 CA13 DD06 EA01

(54) 【発明の名称】 硬質皮膜被覆工具

(57) 【要約】

る硬質皮膜被覆工具。

【目的】 従来のTiAlN皮膜の耐摩耗性ならびに密着性を犠牲にすること無く更に耐酸化性を改善し、切削加工の乾式化、高速化に対応する硬質皮膜被覆工具を提供することを目的とする。

【構成】 高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Siが10%以上60%以下、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>およびSiが独立した相として化合物中に存在するa層と、金属成分のみの原子%が、Al:40%越え75%以下、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかであるb層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ母材表面直上には金属成分としてTiを主体とする窒化物で層厚が0.1μm以上1μm以下のc層があり、さらにc層直上はb層であることを特徴とす

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Siが10%以上60%以下、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>およびSiが独立した相として化合物中に存在するa層と、金属成分のみの原子%が、Al:40%越え75%以下、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかであるb層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ母材表面直上には金属成分としてTiを主体とする窒化物で層厚が0.1μm以上1μm以下のc層があり、さらにc層直上はb層であることを特徴とする硬質皮膜被覆工具。

【請求項2】 請求項1記載の硬質皮膜を物理蒸着法により被覆したことを特徴とする硬質皮膜被覆工具。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、金属材料等の切削加工に使用される硬質皮膜被覆工具に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来はTiN、TiCN等を被覆した切削工具が汎用的かつ一般的であった。TiNは比較的耐酸化性に優れるため、切削時の発熱によって生じる工具のすくい面摩耗に対して、優れた耐摩耗性を示すだけでなく、母材との密着性も良好であることが特長である。また、TiCNは、TiNに比べ高硬度であるため、工具の逃げ面摩耗に対して優れた特性を示す。しかしながら、金属加工の高能率化を目的とした切削速度の高速化傾向に対し、上記硬質皮膜では、十分な耐酸化性、耐摩耗性を示さなくなった。この様な背景から、皮膜の耐酸化性、耐摩耗性をより向上させる研究がなされ、その結果、特開昭62-56565号、特開平2-194159号に代表されるTiAlN皮膜が開発され切削工具に適用されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】TiAlN皮膜は、その皮膜中に含有するTiとAlの成分比率により異なるものの、概略2300~2800のピッカース硬さを有すだけではなく、耐酸化性が、前記TiN、TiCNに比べ優れるため、刃先が高温に達する切削条件下においては、切削工具の性能を著しく向上させる。しかしながら、近年では切削速度が更に高速化する傾向に加え、乾式での切削加工が環境問題上重要視され、切削工具の使用環境はますます苛酷なものとなってきた。

【0004】本発明者等の研究によれば、大気中にお

るTiAlN皮膜の酸化開始温度は、TiNの450℃に対し、Alの添加量に依存して750~900℃に向上する。しかしながら、前述の乾式高速切削加工においては、使用する工具の刃先温度が900℃以上の高温に達するため、前記TiAlN皮膜では、十分な工具寿命が得られないのが現状である。

【0005】本発明はこうした事情に鑑みなされたものであって、従来のTiAlN皮膜に対し、更に耐酸化性、耐摩耗性を改善し、切削加工の乾式化、高速化に対応する硬質皮膜被覆工具を提供することが目的である。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】発明者等は、硬質皮膜の耐酸化性、耐摩耗性および密着性に及ぼす、様々な元素の影響および皮膜の層構造について詳細な検討を行った結果、Siを適量含有したTiを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物（以下、TiSi系窒化物等と記す）と、TiとAlを主成分とした窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物（以下、TiAl系窒化物等と記す）に含まれる金属成分を特定値内に制限した皮膜を、TiSi系窒化物等の微細組織構造が、Tiを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物中に、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>およびSiが独立した相として存在するよう、それぞれ一層以上交互に被覆し、その際、金属成分としてTiを主体とする窒化物層を母材表面直上に成膜することで、乾式の高速切削加工において、切削工具の性能が極めて良好となることを見出し本発明に到達した。

【0007】すなわち本発明は、高速度鋼、超硬合金、サーメット、セラミックスの何れかを母材とし、金属成分のみの原子%で、Siが10%以上60%以下、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかで、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>およびSiが独立した相として化合物中に存在するa層と、金属成分のみの原子%が、Al:40%越え75%以下、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上で10%未満、残Tiで構成される窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかであるb層が、それぞれ一層以上交互に被覆され、かつ母材表面直上には金属成分としてTiを主体とする窒化物で層厚が0.1μm以上1μm以下のc層があり、さらにc層直上はb層であることを特徴とする硬質皮膜被覆工具であり、上記硬質皮膜は、物理蒸着法により被覆されたことが望ましい。

## 【0008】

【発明の実施の形態】はじめに請求項中記載のa層に関して、その構成要件について詳しく述べる。一般にTiAlN皮膜は、大気中で酸化テストを行うと、皮膜表面近傍のAlが最表面に外向拡散し、そこでアルミナ層を

形成する。本発明者らの研究によれば、このことが耐酸化性向上の理由と考えられるが、この時、アルミナ層直下には、Alを含有しない非常にポーラスなTi酸化物が形成する。静的である酸化テストにおいては、最表面に形成されたアルミナ層が、酸化の進行である酸素の内向拡散に対し、酸化保護膜として機能するものの、動的な切削加工においては、最表面のアルミナ層は、その直下のポーラスなTi酸化物層より容易に剥離してしまい、酸化の進行に対し十分な効果を発揮しない。

【0009】しかしながら、TiSi系窒化物等は皮膜自体の耐酸化性が極めて高いだけでなく、最表面に酸化保護膜となるSiを含有する非常に緻密な複合酸化物層が形成され、また、その直下には酸化保護膜の剥離原因となるポーラスなTi酸化物が形成されないことを確認した。上記効果を得るには、Siが皮膜の金属成分のみの原子%で、10%以上含有していなければならず、逆に60%を越えて含有すると、皮膜の延性ないしは硬さの低下が顕著になり、切削工具としての使用に耐えられなくなる。

【0010】B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、TiSi系窒化物等の皮膜中において固溶強化元素として働き、皮膜の高硬度化に有効である。そのため、必要に応じB、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上を微量添加することが望ましい。しかしながら皮膜の金属成分のみの原子%で10%以上添加すると、前述したSi含有による耐酸化性向上効果が得られなくなる。よって、B、Al、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、1種または2種以上で10%未満とする。

【0011】a層の微細組織は、Tiを主成分とする窒化物、炭窒化物、酸窒化物もしくは酸炭窒化物中に、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>およびSiが独立した相として存在する構造にすることで高硬度化が達成でき、著しく耐摩耗性に優れた皮膜が得られる。このような構造を持つ皮膜、つまり本発明a層を形成するには、アーク放電方式イオンプレーティングや、スパッタリングといった物理蒸着法の違いや、同様の手法であっても成膜装置の基本的な仕様によって、その絶対値は異なるものの、被覆の際、基体に印加するバイアス電圧を-10~-100Vといった比較的低い値にすることで達成できる。

【0012】次に請求項中記載のb層に関して、その構成要件について詳しく述べる。TiAl系窒化物等の皮膜であるb層におけるAlの役割は、皮膜の耐摩耗性および耐酸化性を向上させることである。皮膜の耐摩耗性および耐酸化性は、皮膜中のAl含有量の増加に伴って向上する。しかしながら、75%を越えて含有すると、皮膜の硬さが低下し、工具として必要な耐摩耗性が得られなくなる。そのため、耐摩耗性、耐酸化性をバランス良く得るためには、b層中のAl含有量を、皮膜の

金属成分のみの原子%で、40%越え75%以下に調整することが重要である。

【0013】B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは、TiAl系窒化物等の皮膜中において固溶強化元素として働き、皮膜の高硬度化に有効である。そのため、必要に応じB、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの1種または2種以上を微量添加することが望ましい。しかしながら皮膜の金属成分のみの原子%で10%以上添加すると、皮膜の靱性が極端に低下する。そのため、耐摩耗性、耐酸化性、靱性をバランス良く得るためには、B、Si、V、Cr、Y、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wは1種または2種以上で10%未満とする。

【0014】上記a層およびb層は、いずれも母材との密着性においては十分でない。そのため、母材表面直上には、b層および母材との密着性に優れ、適度に耐摩耗性、耐酸化性を有する金属成分としてTiを主体とする窒化物のc層が必要である。c層はa層およびb層に比べ硬さの低いTiNであることが望ましいが、TiNに周期律表IVa族、Va族、VIa族金属およびAl、Si、Y、Co等を微量に含有する場合、具体的には金属成分のみの原子%で10at%未満の含有量においても同様の効果が得られる。

【0015】c層の層厚は0.1μm以上1μm以下に限定される。c層の層厚が厚いほど密着性の向上は顕著になる。しかしながら、一般に切削中においては、刃先部の皮膜は斜め断面の形態で摩耗するため、a層およびb層に比べ耐酸化性の低いc層より優先的に酸化が進行する。そのためc層の層厚が厚い場合、つまり切削中の摩耗によるc層の露出面積が大きい場合は、c層の優先酸化が顕著となり、切削工具の性能は著しく向上しない。また、極端にc層の層厚が薄い場合は、密着性向上効果が顕著に表れない。以上のような理由からc層の層厚を0.1μm以上1μm以下とする。望ましくは0.2μm以上0.4μm以下である。

【0016】以上のように本発明においては、母材との密着性に優れるc層を母材表面直上に被覆し、その上に皮膜自体の耐摩耗性および耐酸化性をバランス良く有するb層と、著しく耐酸化性、耐摩耗性に優れるa層を被覆することが極めて重要であり、その結果、乾式の高速切削に対応する切削工具を得ることが可能となる。また、母材表面直上にc層を被覆し、その上にb層を被覆した後、a層ならびにb層をそれぞれ交互に積層した多層皮膜によっても同様の効果が得られる。

【0017】また、a層およびb層の各層は必要に応じ窒化物、炭窒化物、酸窒化物、酸炭窒化物のいずれかに調整でき、それらを被覆した工具についても同様の効果が得られる。

【0018】本発明の硬質皮膜被覆工具は、その被覆方法については、特に限定されるものではないが、被覆母

材への熱影響、工具の疲労強度、皮膜の密着性等を考慮した場合、比較的低温で被覆でき、被覆した皮膜に圧縮応力が残留するアーク放電方式イオンプレーティング、もしくはスパッタリング等の被覆母材側にバイアス電圧を印加する物理蒸着法であることが望ましい。以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

#### 【0019】

【実施例】小型アーキオンプレーティング装置を用い、金属成分の蒸発源である各種合金製ターゲット、ならびに反応ガスである $N_2$ ガス、 $CH_4$ ガス、 $Ar/O_2$ 混合ガスから目的の皮膜が得られるものを選択し、被覆基体温度 $400^\circ C$ 、反応ガス圧力 $3.0 Pa$ の条件下にて、被覆基体である超硬合金製6枚刃エンドミル（外径 $8 mm$ ）および超硬合金製ドリル（外径 $8 mm$ ）に、全皮膜の厚みが $4 \mu m$ となるように成膜を行った。なお、本発明例の全てと、比較例51、52、53、54、55、56、57、58については、 $-30 V$ のバイアス電圧を印加し成膜したが、比較例59については、 $-200 V$ のバイアス電圧を印加し成膜した。また、本発明例ならびに比較例のc層および従来例については、全て $-150 V$ のバイアス電圧を印加し成膜した。本発明例および比較例のa層およびb層の厚みについては、基本的にほぼ1:1であるが、表中の総積層数が2層のものについては、a層を約 $0.5 \mu m$ としたため、b層は全皮膜の厚みよりa層、c層（表中記載）を差し引いた層厚である。

【0020】得られた硬質皮膜被覆エンドミルおよびドリルを用い、次に示す乾式の高速切削条件にて、刃先の欠けないしは摩耗等により工具が切削不能となるまで加工を行い、その時の切削長を工具寿命とした。表1に本発明例、表2に比較例、表3に従来例の硬質皮膜に関する詳細およびそれらの切削結果を示す。a層中の $Si_3N_4$ ならびに $Si$ の有無についてはXPSにて確認を行い、 $Si_3N_4$ ならびに（もしくは） $Si$ の存在が認められた皮膜については表中に記した。

10 【0021】エンドミル切削条件は、工具として超硬合金製6枚刃エンドミル、外径 $8 mm$ を用いて、側面切削をダウンカットで、被削材はSKD11（HRC60）、切り込み量 $A_d = 1.2 mm$ 、 $R_d = 0.2 mm$ 、切削速度 $= 200 m/min$ 、送り量 $0.03 mm/tooth$ 、切削油=なし、但し、エアブローを使用で行った。

20 【0022】次に、ドリルの切削条件は、工具として超硬合金製ドリル、外径 $8 mm$ を用いて、被削材SCM440（HRC30）の穴加工を、切削速度 $= 90 m/min$ 、送り量 $= 0.2 mm/rev$ 、切削油=なし、但し、エアブローを使用し、穴深さ $24 mm$ の止まり穴の加工で行った。また、加工穴数は最高2000穴で終わりとした。

#### 【0023】

【表1】

	a 層		b 層	総積層数 a層+b層	c層 (TiN)	I. 具寿命	
	組成	XPS 定性物質	組成		厚み μm	エンド ミル mm	ドリル 穴数
本 発 明 例	1 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Nb <sub>0</sub> )N	20	0.12	35.25	2000
	2 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> Nb <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N	20	0.21	36.50	2000
	3 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN	10	0.40	36.00	2000
	4 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Mo <sub>0</sub> W <sub>0</sub> )N	4	0.46	36.00	2000
	5 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.32	36.50	2000
	6 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> Al <sub>0</sub> )CN	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	10	0.11	36.00	2000
	7 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> B <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.40	36.25	2000
	8 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )ON	12	0.15	35.25	2000
	9 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Si <sub>0</sub> )CN	6	0.52	36.25	2000
	10 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.24	36.00	2000
	11 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )ON	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.15	36.00	2000
	12 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	20	0.24	35.75	2000
	13 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CON	30	0.13	35.75	2000
	14 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> Al <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	10	0.35	36.00	2000
	15 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.42	36.25	2000
	16 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N	2	0.25	36.00	2000
	17 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN	4	0.35	36.25	2000
	18 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N	10	0.36	36.00	2000
	19 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Si <sub>0</sub> )N	8	0.25	35.75	2000
	20 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.22	36.25	2000
	21 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> R <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.15	35.75	2000
	22 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )CN	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N	2	0.43	36.00	2000
	23 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> Al <sub>0</sub> )V	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	6	0.33	36.00	2000
	24 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>70</sub> Al <sub>30</sub> )N	20	0.15	35.00	2000
	25 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Si <sub>0</sub> )N	6	0.43	36.75	2000
	26 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )CON	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	14	0.22	36.25	2000
	27 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N	10	0.31	36.25	2000
	28 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.13	34.75	2000
	29 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.24	35.75	2000
	30 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N	2	0.24	36.00	2000
	31 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	40	0.22	35.25	2000
	32 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>70</sub> Al <sub>30</sub> )N	2	0.22	35.50	2000
	33 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N	6	0.32	35.75	2000
	34 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> B <sub>0</sub> )N	4	0.15	36.00	2000
	35 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	8	0.20	36.50	2000
	36 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.33	35.25	2000
	37 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )CON	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN	2	0.21	35.75	2000
	38 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	20	0.20	36.25	2000
	39 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> Mo <sub>0</sub> W <sub>0</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	6	0.41	36.25	2000
	40 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>70</sub> Al <sub>30</sub> )N	20	0.11	35.00	2000
	41 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N	4	0.25	36.00	2000
	42 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> Al <sub>0</sub> )V	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Hf <sub>0</sub> Cr <sub>0</sub> )N	8	0.40	36.25	2000
	43 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.29	35.50	2000
	44 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )CN	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )CN	4	0.29	35.75	2000
	45 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> Al <sub>0</sub> )V	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.25	36.50	2000
	46 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>0</sub> )N	12	0.12	36.00	2000
	47 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.33	35.50	2000
	48 (Ti <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )N	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	4	0.14	35.50	2000
	49 (Ti <sub>70</sub> Si <sub>30</sub> )CN	Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> Si	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	2	0.32	35.50	2000

【0024】

40 【表2】

		a 層		b 層	総積層数 a 層+b 層	c 層 (TiN)	工具寿命	
		組成	XPS 定性物質	組成		厚み $\mu\text{m}$	エンド ミル m	ドリル 穴数
比較例	50	(Ti <sub>75</sub> Si <sub>25</sub> )N	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si	(Ti <sub>34</sub> Al <sub>66</sub> )N	2	1.75	22.25	1468
	51	(Ti <sub>54</sub> Al <sub>46</sub> )N	—	(Ti <sub>75</sub> Si <sub>25</sub> )N	2	—	3.25	57
	52	(Ti <sub>72</sub> Si <sub>28</sub> )N	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si	(Ti <sub>72</sub> Al <sub>28</sub> )N	3	0.32	16.50	1018
	53	(Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> Nb <sub>0</sub> )N	Si	(Ti <sub>45</sub> Al <sub>55</sub> )N	6	0.22	8.25	954
	54	(Ti <sub>75</sub> Si <sub>25</sub> )N	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si	(Ti <sub>51</sub> Al <sub>49</sub> )N	2	0.24	11.00	1201
	55	(Ti <sub>67</sub> Si <sub>33</sub> )N	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si	(Ti <sub>41</sub> Al <sub>46</sub> Zr <sub>0</sub> Y <sub>13</sub> )N	2	0.25	18.50	1105
	56	(Ti <sub>77</sub> Si <sub>23</sub> )N	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si	(Ti <sub>52</sub> Al <sub>48</sub> )N	2	0.30	4.75	1088
	57	(Ti <sub>71</sub> Si <sub>29</sub> V <sub>0</sub> Ta <sub>0</sub> )N	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Si	(Ti <sub>52</sub> Al <sub>48</sub> )N	40	0.19	20.25	1132
	58	(Ti <sub>58</sub> Si <sub>42</sub> )N	Si	(Ti <sub>54</sub> Al <sub>46</sub> )N	4	0.25	19.75	1337

【0025】

【表3】

		皮膜構造および組成		工具寿命	
				エンドミル (m)	ドリル (穴数)
従来例	59	(Ti <sub>54</sub> Al <sub>46</sub> )N単一皮膜		10.25	952
	60	TiN最下層1.44 $\mu\text{m}$ + (Ti <sub>54</sub> Al <sub>46</sub> )N		10.25	931
	61	(Ti <sub>54</sub> Al <sub>46</sub> )N単一皮膜		10.50	974
	62	TiN最下層1.12 $\mu\text{m}$ + (Ti <sub>54</sub> Al <sub>46</sub> )N		9.75	940
	63	TiN単一皮膜		1.25	52

【0026】表1、表2および表3より、本発明例は、比較例ならびに従来例と比べて、工具寿命が著しく向上しており、乾式高速切削加工に十分対応することがわかる。比較例50は、皮膜の組成、層構造およびa層の組織構造ともに本発明例に含まれるものであるため、比較例の中では最も工具性能は優れるが、c層の層厚が厚すぎるために本発明例に比べて工具寿命が劣る結果となった。また、比較例51は、皮膜の組成については本発明に含まれるものであるが、皮膜の層構造が異なるため、エンドミルおよびドリル、両工具の切削において、皮膜の剥離が早期に生じ、非常に短寿命となった。比較例5

8は、皮膜の組成、層構造については本発明に含まれるものであるが、a層には、Si相のみしか存在していないため、十分な皮膜硬さが得られず本発明例に比べ短寿命となった。

【0027】

【発明の効果】以上の如く、本発明の硬質皮膜被覆工具は、従来の被覆工具に比べ優れた耐酸化性、耐摩耗性を有することから、乾式高速切削加工において格段に長い工具寿命が得られ、切削加工における生産性の向上だけでなく環境問題への対応にも極めて有効である。